DISPERSI TITANIUM DIOKSIDA DENGAN *CARBON DOTS* DARI MINYAK JELANTAH SEBAGAI BAHAN FOTOKATALIS UNTUK DEKOMPOSISI LIMBAH PEWARNA CAIR

SKRIPSI

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika

Oleh

Retno Intan

4211414027

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2018

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui pembimbing untuk diajukan ke sidang ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Agustus 2018

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si.	Dr. Sulhadi, M.Si.
NIP 19810815 200312 1 003	NIP 19710816 199802 1 001

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya, bukan jiplakan dan karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip dan dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, Agustus 2018

Kemo Intan

NIM 4211414027

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Dispersi Titanium Dioksida dengan *Carbon Dots* dari Minyak Jelantah sebagai Bahan Fotokatalis untuk Dekomposisi Limbah Pewarna Cair

disusun oleh

Retno Intan

4211414027

telah dipertahankan di hadapan sidang panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 8 Agustus 2018.

Panitia :

Ketua

Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt.
NIP 19641223 198803 1 001

Sekretaris

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP 19680714 199603 1 005

Ketua Penguji

Teguh Darsono, S.Pd., M.Si., Ph.D.
NIP 19700211 200212 1 001

Anggota Penguji/
Pembimbing I

Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si.
NIP 19810815 200312 1 003

Anggota Penguji/
Pembimbing II

Dr. Sulhadi, M.Si.
NIP 19710816 199802 1 001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya (Q.S. Al-Baqarah: 286).

“Berdoalah kepada-Ku, niscaya akan Ku perkenankan bagimu” (Q.S. Al-Mu’min : 60).

Allah mengangkat orang-orang beriman di antara kamu dan juga orang-orang yang dikaruniai ilmu pengetahuan hingga beberapa derajat (Q.S. Al-Mujadalah : 11).

Bila kau tak tahan lelahnya belajar, maka kau harus tahan menanggung perihnya kebodohan (Imam Syafi’i).

PERSEMBAHAN

Allah dan Rasulullah
Ibuk dan Bapak tercinta
Fisika 2014
Applied Material Physics

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga beliau, sahabat, dan orang-orang yang mengikuti risalah beliau hingga akhir zaman.

Alhamdulillah, setelah melalui perjuangan dengan berbagai kendala akhirnya penulis berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "**Dispersi Titanium Dioksida dengan *Carbon Dots* dari Minyak Jelantah sebagai Bahan Fotokatalis untuk Dekomposisi Limbah Pewarna Cair**" dengan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk melengkapi kurikulum dan menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata Satu paa Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.

Terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si. sebagai dosen pembimbing I dan dosen wali yang telah membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan arahan kepada penulis serta meluangkan waktu untuk memberikan masukan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.

2. Dr. Sulhadi, M.Si. sebagai dosen pembimbing II yang telah membimbing dengan penuh kesabaran serta memberikan arahan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
3. Asisten Laboratorium Fisika, R. Muttaqin, S.Si., Wasi Sakti Wiwit P., S.Pd. dan Natalia Erna S., S.Pd. yang telah membantu selama proses penelitian skripsi ini.
4. Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberikan dukungan baik berupa doa, moril, materiil, motivasi dan saran yang tak henti-hentinya kepada penulis.
5. Adikku satu-satunya, Bintang Hari Pratama yang selalu menjadi penyemangat dan penghibur dikala suka dan duka.
6. Sahabat-sahabat tersayang (Arida, Shofa, Annisa, Anggra, Uuz) yang penuh kesabaran mendengarkan keluh kesah dan memberikan motivasi kepada penulis.
7. Keluarga di *Applied Material Physics* : Ita, Nila, Pungki, Anik, Mas Aan, Mbak Nisa, Mas Adi, Mas Devin, Jenny, Arum, Tari, Ika, Fina atas bantuan berupa dukungan moril maupun pemikiran serta memberikan semangat selama penyusunan skripsi ini.
8. Teman-teman Fisika 2014, terimakasih atas kerjasama dan kebersamaannya selama menempuh perkuliahan dan penelitian.
9. Keluarga Hima Fisika angkatan 2014, 2013, dan 2015 yang telah memberikan pengalaman hidup dan mengajari daya juang yang luarbiasa kepada penulis.

10. Departemen Travo Hima Fisika (Arief, Uuz, Vica, Linda, Erna, Widi, Wening, Wulan, Uli, Mbak Santi, Mas Agung) yang menjadi keluarga baru di kota perantauan.
11. Penghuni Kos Syahrini yang selalu memberikan semangat dan keceriaan selama penyusunan skripsi.
12. Mas Lutfi Arina (Upik) yang telah memberikan semangat, motivasi, dan bersedia mendengar keluh kesah penulis serta telah menemani penulis selama menyusun skripsi.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang membantu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga memohon maaf apabila dalam meyusun skripsi ini ada beberapa kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan yang dimiliki penulis. Sebagai akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan pembaca sekalian, dan juga penulis mengharapkan saran dan kritik demi menyempurnakan kajian ini. Semoga penelitian yang telah dilakukan dapat menjadikan sumbangsi bagi kemajuan riset Indonesia.

Aamiin.

Semarang, Agustus 2018

Penulis

ABSTRAK

Intan, Retno. 2018. *Dispersi Titanium Dioksida dengan* Carbon Dots *Minyak Jelantah sebagai Bahan Fotokatalis untuk Dekomposisi Limbah Pewarna Cair*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Dr. Sulhadi, M.Si.

Kata kunci: TiO_2, C-Dots, fotokatalis, limbah, degradasi

Pencemaran limbah zat cair menjadi salah satu masalah yang perlu mendapatkan penanganan. Salah satu solusi menggunakan teknik fotokatalis dengan bahan Titanium dioksida (TiO_2) yang telah banyak digunakan. Kelemahan TiO_2 tidak bisa mengapung sehingga perlu di-dispersi dengan material yang densitasnya di bawah air. C-Dots minyak jelantah memiliki densitas di bawah air dan dihasilkan dari proses pemansan pada temperatur 300°C selama 2 jam. Dispersi TiO_2 dengan variasi massa 0,1gram, 0,2 gram, 0,3 gram, 0,4 gram dan 0,5 gram dengan C-Dots minyak jelantah 20 ml dan diukur densitasnya di bawah 1 gr/cm^3 sehingga mampu mengapung diatas air. Uji fotokatalis TiO_2/C-Dots untuk dekomposisi limbah pewarna cair menggunakan variasi dispersi massa TiO_2, lama penyinaran dibawah sinar matahari, fraksi TiO_2/C-Dots, dan konsentrasi larutan *methylene blue*. Analisis hasil uji fotokatalis menggunakan spektrum absorbansi dan intensitas cahaya yang diserap. Hasil proses fotokatalis menunjukkan adanya perubahan warna pada *methylene blue* dari warna biru pekat hingga tidak berwarna. Pengukuran spektrum absorbansi menunjukkan nilai puncak serapan *methylene blue* semakin menurun. Hasil spektrum absorbansi TiO_2/C-Dots mnegalami penurunan degradasi tercepat dan dengan nilai puncak serapan paling rendah pada variasi massa TiO_2 0,5 gram dan lama penyinaran 24 jam. Volume optimum TiO_2/C-Dots pada volume 10 ml untuk larutan *methylene blue* 800 ml dan hasil intensitas menunjukkan semakin lama penyinaran panas matahari semakin banyak cahaya yang diserap oleh elektron maka semakin banyak terbentuknya *hole*. Hal tersebut disebabkan pada saat proses fotokatalis terjadi pengaktifan oleh energi foton untuk mengeksitasi elektron dan terjadi *hole* sehingga berlangsung proses fotodegradasi senyawa *methylene blue.*

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
PERNYATAAN iii
PENGESAHAN iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN v
PRAKATA vi
ABSTRAK ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR LAMPIRAN xvii

BAB

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Pembatasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Skripsi 5

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Titanium Dioksida 6

2.2. Minyak Goreng..... 9

2.3 *Carbon Dots* 13

2.4 Fotokatalis 16

2.5 *Methylene Blue* 20

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Alur Penelitian 22

3.2 Tahap Penelitian 24

3.2.1 Alat dan Bahan 24

3.2.2 Tahap Persiapan Pengujian 24

3.2.3 Uji Bahan Fotokatalis 25

3.2.4 Uji Kinerja Fotokatalis 26

3.3 Karakterisasi Hasil Fotokatalis..... 27

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Dispersi TiO_2 dengan C-Dots Minyak Jelantah 29

4.1. Uji Densitas TiO_2/C-Dots 31

4.2. Spektrum Absorbansi Bahan TiO_2/C-Dots..... 33

4.3. Uji Fotokatalis..... 35

4.4. Hasil Uji Kinerja Fotokatalis..... 36

4.4.1 Variasi Massa TiO_2 dan Lama Penyinaran..... 36

4.4.2 Variasi Konsentrasi Larutan *Methylene Blue*..... 38

4.4.3 Variasi Volume TiO_2/C-Dots 39

4.5. Spektrum Absorbansi 41

4.6. Hasil Uji Intensitas pada Luxmeter 52

5. PENUTUP

5.1 Simpulan 54

5.2 Saran..... 54

DAFTAR PUSTAKA..... 55

LAMPIRAN..... 59

DAFTAR TABEL

Halaman

3.1 Kode Sampel Penelitian 26

3.1 Hasil Pengukuran Uji Densitas 60

DAFTAR GAMBAR

Halaman

2.1. Struktur Kristal TiO_2 *anatase* 8

2.2. Energi Gap, posisi pita valensi, konduksi, dan potensial redoks dari berbagai semikondur..... 9

2.3. Skema Proses Terbentuknya Akrolein..... 11

2.4. Skema Pembuatan C-Dots dari Minyak Jelantah 12

2.5. C-Dots yang Dihasilkan dari Proses Degradasi Protein 14

2.6. Skema pembentukan struktur nanopartikel 16

2.7. Skema Reaksi yang terjadi pada Proses Fotokatalis 18

2.8. Struktur Kimia *Methylene Blue* 20

2.9. Pelarutan Serbuk *Methylene Blue* 21

3.1. Diagram alir proses penelitian 23

4.1. Hasil Sintesis C-Dots Minyak Jelantah 29

4.2. C-Dots Minyak Jelantah dan TiO_2/C-Dots minyak jelantah 30

4.3. Uji Densitas Variasi massa TiO_2 pada Dispersi TiO_2/C-Dots 31

4.4. Dispersi TiO_2/C-Dots Minyak Jelantah dengan Variasi Massa TiO_2 32

4.5. Hasil FTIR Bahan Fotokatalis 34

4.6. Uji Fotokatalis TiO2/C-Dots terhadap Larutan Methylene Blue dengan Variasi Massa TiO_2..... 35

4.7. Hasil Uji Fotokatalis Variasi Dispersi Massa TiO2 dengan penyinaran 4 jam dan 24 jam 37

4.8. Hasil Uji Fotokatalis Variasi Konsentrasi larutan *Methylene Blue* dengan penyinaran 20 jam..... 38

4.9. Hasil Uji Fotokatalis Variasi Banyaknya Fraksi TiO2/C-Dots dengan penyinaran 16 jam 39

4.10. Spektrum Absorbansi dari Uji Fotokatalis dengan Variasi Massa TiO_2 pada TiO_2/C-Dots terhadap Lama Penyinaran 42

4.11. Degradasi Intensitas Serapan *Methylene Blue* dengan Variasi lama penyinaran dan Variasi Massa TiO_2 47

4.12. Koefisien Reduksi Intensitas Serapan Hasil Fotokatalis dengan Variasi massa TiO_2 48

4.13. Ilustrasi Perbedaan Massa TiO_2 pada Dispersi TiO_2/C-Dots pada Permukaan Larutan *Methylene Blue* 49

4.14. Spektrum Absorbansi dari Uji Fotokatalis dengan variasi Fraksi TiO_2/C-Dots 50

4.15. Spektrum Absorbansi dari Uji Fotokatalis dengan Variasi Konsentrasi Larutan *Methylene Blue* 51

4.16. Intensitas Lux pada Hasil Uji Fotokatalis terhadap Intensitas Air Bersih 53

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Hasil Pengukuran Uji Densitas 60
Lampiran 2. Hasil Pengukuran FTIR Bahan Fotokatalis 60
Lampiran 3. Hasil Pengukuran Absorbansi Hasil Fotokatalis 69
Lampiran 4. Koefisien Reduksi Hasil Fotokatalis dengan variasi massa TiO_2 . 91
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian 93

BAB l

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia yang memegang penting dalam mendukung keberlangsungan hidup manusia. Tingginya pertumbuhan penduduk saat ini mengakibatkan konsumsi air cenderung terus berkurang akibat kerusakan alam dan pencemaran sumber-sumber air oleh limbah organik dan anorganik. Air memiliki sifat sebagai pelarut yang baik dan dapat dengan mudah melarutkan bahan-bahan organik sisa pembuangan (limbah) sehingga air menjadi mudah tercemar. Air mengalami kerusakan dengan menurunnya kadar oksigen sehingga dapat menyebabkan rusaknya biota air.

Tingkat konsumsi air yang sangat tinggi menuntut upaya yang dilakukan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan air bersih sehingga diperlukan upaya untuk menjaga sumber mata air bersih dan menjernihkan air yang telah tercemar seperti limbah pewarna cair yang dapat bersumber dari industri tekstil atau industri sablon. Teknik penjernihan air telah banyak dilakukan seperti metode filtrasi dengan menggunakan komposit berpori dari *clay* (Masturi *et al*., 2012; Hamdi dan Srasra, 2008), *reserve osmosis* dan *ultrafiltration* (Pandey *et al*., 2012; Staszak *et al*., 2013). Metode filtrasi menggunakan komposit berpori dari *clay* dan carbon dalam pembuatannya membutuhkan suhu pembakaran yang sangat tinggi T=900°C-1200°C dan hanya bisa digunakan untuk menyaring polutan yang berukuran masih besar karena nilai permeabilitasnya pada orde ~10^{-17} m^2 hingga

~10^{-15} m^2 (Sulhadi *et al*., 2015; Baccour *et al*., 2009). Sifat polutan pewarna cair yang tersuspensi pada air sehingga sangat sulit terfiltrasi menggunakan medium berpori.

Saat ini teknik penjernihan air yang sederhana telah banyak dikaji dan dikembangkan yaitu teknik fotokatalisis dengan menggunakan material semikonduktor sebagai fotokatalisis seperti Titanium Dioksida (TiO_2) teramati sangat baik oleh polutan organik (Arutanti *et al*., 2009). Bahan ini digunakan karena keunggulannya seperti sifat oksidasinya yang kuat, ketahanan terhadap korosi, tidak membentuk senyawa baru yang beracun, tidak larut dalam air, biayanya yang relatif lebih murah, ketersediaannya yang melimpah di alam, dan prosesnya sederhana. Disamping itu proses fotokatalis mampu mendegradasi polutan pewarna cair *methylene blue* berukuran sangat kecil yang terdispersi di dalam air (Aliah *et al*., 2012).

Kendala utama dalam proses fotokatalis adalah densitas TiO_2 sebesar 4,32 g/cm^3 sehingga kedudukannya tenggelam di dasar air (Sutisna *et al*., 2017; Pitre *et al*., 2017). Proses fotokatalis memerlukan sinar matahari untuk menghasilkan radikal bebas dari bahan fotokatalis sehingga diperlukan bahan fotokatalis yang mampu terapung di atas permukaan air. Medium yang transparan dan densitas yang lebih rendah dari air dapat digunakan untuk medium TiO_2 sehingga kedudukannya berada di permukaan air. Kondisi ini sangat diperlukan TiO_2 untuk menyerap foton dari sinar matahari sehingga proses fotokatalis dapat berlangsung. Bahan densitas yang rendah dan transparan ditemukan pada minyak goreng (densitas 0,7 g/cm^3). Aji *et al* (2016) memanfaatkan minyak goreng sisa yang sudah tidak terpakai

(jelantah) menjadi *carbon dots* (C-Dots) dan telah digunakan untuk dekomposisi polutan pewarna cair *methylene blue* dengan proses fotokatalis selama 15 jam hingga 20 jam.

C-Dots merupakan material baru di kelas nanomaterial karbon dengan ukuran < 10 nm yang kini menjadi daya tarik bagi banyak peneliti karena memiliki potensi di bidang aplikasi yang sangat luas seperti *bioimaging*, sensor, *ink*, *drug delivery*, optoelektronik dan fotokatalis (Li e*t al*., 2012). Kelebihan lain yang dimiliki oleh C-Dots diantaranya kelarutan yang baik dalam air, bahan baku murah, tidak menggunakan logam berat, proses sintesis yang efisien, sensitivitas dan selektivitas yang tinggi pada analat target, toksisitas yang rendah, biokompatibel, serta fotostabilitas yang baik (Yang *et al*., 2013). Sumber utama dalam pembuatan C-Dots adalah rantai karbon. Fase C-Dots dari daur ulang minyak jelantah dalam bentuk cair dan viskositas (kekentalan) yang tinggi sangat berpotensi digunakan medium dispersi untuk komposit TiO_2. Dispersi TiO_2 pada C-Dots dari daur ulang minyak jelantah berpotensi sebagai paduan bahan fotokatalis yang sangat efektif untuk dekomposisi limbah pewarna cair dengan menggunakan bahan fotokatalis TiO_2 dan C-Dots dari daur ulang minyak jelantah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang menjadi fokus kajian dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mendispersikan TiO_2 di dalam minyak jelantah?

2. Bagaimana kinerja TiO_2 di dalam minyak jelantah sebagai bahan fotokatalis untuk dekomposisi polutan pada limbah cair?

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Minyak jelantah diperoleh dari proses pemanasan minyak goreng pada temperatur 300°C selama 2 jam.
2. Pewarna cair yang digunakan adalah pewarna sintetik *methylene blue*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mendispersikan TiO_2 di dalam minyak jelantah untuk dekomposisi limbah pewarna cair.
2. Mengetahui kinerja bahan fotokatalis dari TiO_2 di dalam minyak jelantah untuk dekomposisi limbah pewarna cair.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan tujuan yang telah disebutkan dapat diperoleh manfaat dalam penelitian ini antara lain adalah :

1. Diperoleh dispersi bahan TiO_2 di dalam minyak jelantah untuk bahan fotokatalis.
2. Diperoleh bahan fotokatalis yang mampu untuk dekomposisi limbah pewarna cair.

1.6 Sistematika Skripsi

Sistematika penulisan skripsi disusun dan dibagi menjadi tiga bagian untuk memudahkan pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Penulisan skripsi ini dibagi menjai tiga bagian, yaitu bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi dan bagian akhir isi skripsi.

Bagian pendahuluan terdiri dari halaman judul, abstrak, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, dan daftar lampiran.

Bagian isi skripsi, terdiri dari lima bab yang tersusun dengan sistematika sebagai berikut, bab 1 yang meliputi pendahuluan, permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan kripsi; bab 2 meliputi landasan teori, berisi teori-teori pendukung penelitian; bab 3 yang metode penelitian, berisi tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian; bab 4 yang meliputi hasil penelitian dan pembahasan, dalam bab ini dibahas tentang hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan; dan bab 5 yang meliputi penutup yang berisi tentang kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian. Bagian akhir skripsi memuat tentang daftar pustaka yang digunakan sebagai acuan dari penulisan skripsi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Titanium Dioksida (TiO_2)

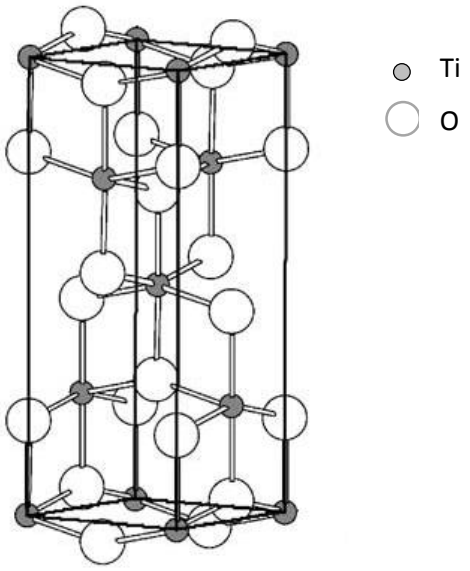
Bahan semikonduktor seperti TiO_2, Zirconium dioksida (ZrO_2) , Tantalum Oxide Nitride (TaON) dan Tungsten Trioksida (WO_3) merupakan bahan fotokatalis yang mampu untuk dekomposisi air (Liao *et al.*, 2012). Namun bahan fotokatalis yang sering digunakan adalah TiO_2 karena beberapa sifat unggulnya seperti :

a. mempunyai pita terlarang (*band gap*) yang sesuai untuk proses fotokatalis sehingga memudahkan terjadinya eksitasi elektron ke pita konduksi dan pembentukan *hole* pada pita valensi saat diinduksikan cahaya ultraviolet
b. memiliki aktifitas fotokatalis yang tinggi
c. mampu menyerap sinar ultraviolet dengan baik
d. memiliki kestabilan kimia dalam interval pH yang besar (0 sampai 14)
e. tahan terhadap fotodegradasi
f. tidak larut di dalam reaksi baik secara biologis maupun kimia
g. tidak beracun
h. memiliki kemampuan oksidasi yang tinggi
i. relatif murah.

Bahan TiO_2 memiliki beberapa struktur kristal, yaitu: *rutil*, *brookite* dan *anatase*. Akan tetapi hanya *anatase* dan *rutil* saja yang keberadaanya di alam cukup stabil. Kemampuan fotoaktivitas semikonduktor TiO_2 dipengaruhi oleh morfologi,

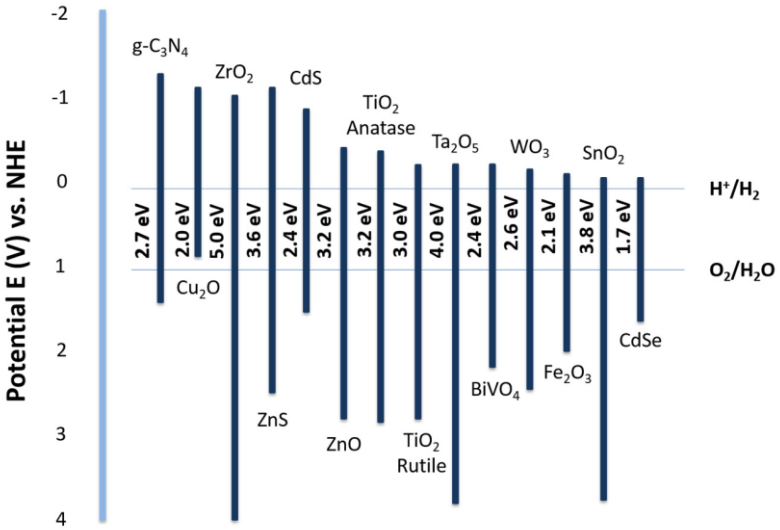
luas permukaan, kristanilitas dan ukuran partikel. *Anatase* diketahui sebagai kristal titania yang lebih fotoaktif daripada *rutil* dan *brookite*. Hal ini disebabkan harga *Energy gap* TiO_2 jenis *anatase* yang lebih tinggi yaitu sebesar 3,2 eV sedangkan rutil sebesar 3,0 eV. Harga Eg yang lebih tinggi akan menghasilkan luas permukaan aktif yang lebih besar sehingga menghasilkan fotoaktivitas yang lebih efektif. Pada fase *anatase* umumnya stabil pada ukuran partikel kurang dari 11 nm, fase *brookite* pada ukuran partikel 11 – 35 nm, dan fase *rutile* di atas 35 nm (Zhang *et al*., 2000). Dengan ukuran partikel yang lebih kecil, Fase *anatase* memiliki mobilitas yang tinggi pada elektron, tetapan dielektriknya rendah dan berat jenisnya lebih rendah (Carp *et al.,* 2004). Luas permukaan *anatase* lebih besar dari pada *rutile* sehingga sisi aktif *anatase* lebih besar dibandingkan yang dimiliki *rutile*, sedangkan fase *brookite* merupakan fase yang paling tidak stabil (Narayan, 2011).

Struktur-struktur TiO_2 *anatase* digambarkan dengan TiO_6 oktahedral, setiap ion Ti^{4+} dikelilingi oleh enam ion O^{2-} seperti pada Gambar 2.1. Bentuk kristal *anatase* dapat diamati pada pemanasan sol TiO mulai dari suhu 120°C dan mencapai sempurna pada 500°C.



Gambar 2.1 Struktur kristal TiO_2 *anatase* (Diebold, 2003)

Energi gap (Eg), posisi pita konduksi dan pita valensi menentukan karakter fotokatalisis dalam hal kebutuhan energi foton yang diperlukan untuk mengaktifkannya dan berapa besar kekuatan oksidasi atau reduksinya setelah diaktifkan. Gambar 2.2 memperlihatkan besarnya energi celah, posisi pita valensi, pita konduksi beberapa semikondukor dan komparasinya dengan potensial redoks relatif terhadap standar elektroda hidrogen.TiO_2 memiliki energi gap yang sesuai sebagai bahan fotokatalis.



Gambar 2.2 Energi gap, posisi pita valensi, konduksi, dan potensial redoks dari berbagai semikonduktor (Jafari *et al*., 2016)

2.2 Minyak Goreng

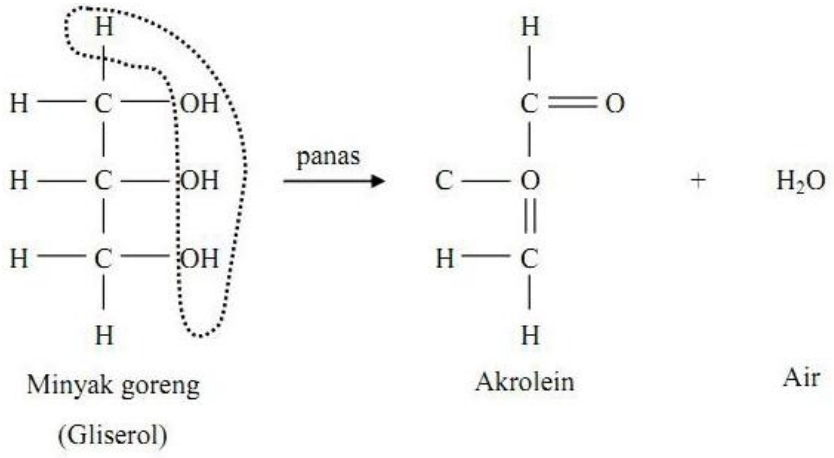
Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berwujud cair dalam suhu kamar, biasanya digunakan untuk menggoreng (Noriko *et al*., 2012). Peranannya sebagai bahan penunjang pangan dalam masyarakat sangatlah vital, terutama bagi masyarakat Indonesia yang memiliki beragam jenis masakan yang menggunakan minyak goreng dalam proses memasak sehingga membuat konsumsi minyak goreng menjadi sangat tinggi. Konsumsi minyak goreng dapat berupa penggunaan minyak goreng sebagai media penghantar panas dalam menggoreng bahan pangan, penambah cita rasa, ataupun shortening yang membentuk tekstur pada pembuatan roti. Tumbuhan yang menghasilkan minyak goreng antara lain kelapa, kelapa sawit, kacang kedelai, buah zaitun, serta biji-bijian seperti jagung, biji anggur, dan biji bunga matahari. Lemak hewan yang sering diolah menjadi minyak goreng adalah lemak sapi atau lemak domba. Minyak goreng yang paling umum digunakan untuk menggoreng berasal

dari kelapa sawit karena mengandung asam lemak esensial yang tinggi. Asam lemak esensial ini merupakan asam lemak yang tidak dapat disintesis secara alami oleh tubuh manusia. Minyak kelapa sawit memiliki struktur ikatan rangkap sehingga termasuk lemak tak jenuh yang sifatnya stabil.

Kandungan utama dari minyak goreng terdiri dari asam lemak jenuh (*saturated fatty acids*) seperti asam palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$), asam stearat ($C_{18}H_{36}O_2$) serta asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acids*) seperti asam oleat (Omega 9) dan asam linoleat (Omega 6) (Noriko *et al.*, 2012). Minyak goreng yang baik mengandung asam lemak tak jenuh yang lebih banyak dibandingkan dengan kandungan asam lemak jenuhnya. Asam lemak ini memiliki manfaat sebagai sumber lemak bagi tubuh manusia.

Pemakaian minyak goreng untuk menggoreng beberapa kali menjadi dekomposisi senyawa sehingga kualitasnya menurun. Minyak goreng bekas (jelantah) disebabkan karena minyak mengalami kerusakan selama proses penggorengan dan pemanasan secara berulang-ulang yang akan mempengaruhi mutu dan nilai gizi dari bahan pangan yang digoreng (Angga *et al*., 2012). Penyebab kerusakan minyak goreng, baik secara fisik maupun kimia adalah karena proses oksidasi. Minyak dengan kandungan asam lemak tak jenuh dapat teroksidasi secara spontan hanya oleh udara dalam suhu kamar. Bila suhu pemanasan lebih tinggi dari suhu normal (168-196℃), akan terjadi percepatan proses degradasi dan oksidasi minyak goreng. Ketaren (1986) menyebutkan bahwa kerusakan minyak diakibatkan oleh proses penggorengan pada suhu tinggi (200-250℃). Minyak jelantah memiliki densitas yang lebih kecil di bandingkan dengan air yaitu 0,86-

0,90 g/cm^3 (Chhetri *et al*., 2008). Tanda awal dari kerusakan minyak goreng adalah terbentuknya akrolein pada minyak goreng. Skema proses terbentuknya akrolein ditunjukkan pada Gambar 2.3.

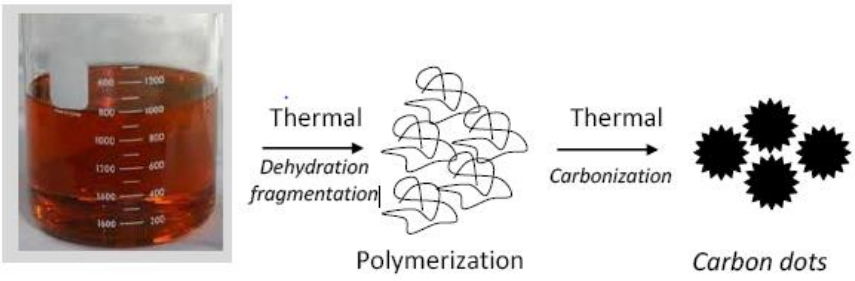


Gambar 2.3 Skema proses terbentuknya akrolein (Ketaren, 2005)

Akrolein (aldehida tidak jenuh) terbentuk dari hidrasi gliserol yang berbahaya bagi tubuh manusia. Proses menggoreng bahan pangan akan menyisakan minyak goreng bekas atau minyak jelantah yang sangat berbahaya bila terus digunakan secara berulang. Umumnya, minyak goreng digunakan untuk menggoreng sebanyak dua sampai tiga kali pemakaian, setelahnya minyak akan berubah warna dan tidak baik untuk digunakan kembali. Saat proses penggorengan, ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak tak jenuh akan terputus dan membentuk asam lemak jenuh dan radikal bebas pemicu sel kanker (Edwar *et al*., 2011). Limbah hasil penggorengan tersebut biasanya dibuang kesaluran sehingga akan berdampak terhadap lingkungan. Sedangkan minyak jelantah memiliki potensi limbah yang cukup besar mengingat konsumsi minyak goreng yang sangat tinggi, sehingga sisa minyak yang telah digunakan (minyak jelantah) juga banyak.

Oleh karena itu, dibutuhkan solusi mendaur ulang minyak jelantah untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

Salah satu pemanfaatan minyak jelantah adalah dengan mendaur ulang minyak tersebut menjadi *carbon nanodots* (Aji *et al.*, 2015). C-Dots yang dihasilkan dari proses pemanasan minyak jelantah memiliki sifat luminisen yang baik karena mampu berpendar saat disinari dengan sinar UV. Melimpahnya ikatan rantai karbon pada minyak jelantah menjadikannya sebagai salah satu potensi yang unggul bahan dasar pembuatan C-Dots. Pembuatan C-Dots dari minyak goreng seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Ilustrasi pembuatan C-Dots dari minyak jelantah (Aji *et al*., 2015)

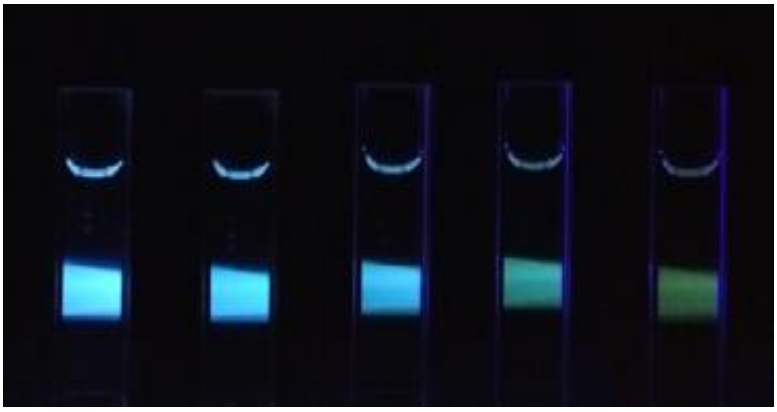
Proses hidrotermal dengan temperatur tinggi menyebabkan rantai karbon pada minyak goreng putus dan mengalami penyusunan ulang dalam jumlah yang sangat banyak. Partikel C-Dots yang dihasilkan dari proses ini memiliki ukuran yang relatif besar. Akibat semakin banyaknya jumlah atom penyusun partikel maka semakin kecil energi yang diperlukan untuk menghasilkan elektron-elektron yang hampir bebas, hal ini menunjukan semakin kecil pula energi gapnya. Dan hasil analisis gugus fungsi dari spektrum transmitansi minyak goreng yang telah melalui proses pemanasan mengindikasikan bahwa terdapat C-Dots pada minyak jelantah

(Aji *et al*., 2015). C-Dots minyak jelantah memiliki sifat istimewa yaitu tidak mudah bercampur dengan air karena nilai densitasnya yang lebih rendah dari nilai densitas air. Sifat istimewa inilah yang menjadi dasar pemanfaatan C-Dots minyak jelantah menjadi material fotokatalis penjernih air.

2.3 Carbon Dots

Karbon atau zat arang merupakan unsur kimia yang mempunyai simbol C dan nomor atom 6 pada tabel periodik. Material karbon memiliki beberapa jenis yaitu grafit, intan, *carbon nanotubes* (CNTs), *fullerenes*, dan grafena. Pada material karbon berfluoresensi selalu mengandung karbon sp^2/sp^3, kelompok unsur kimia yang telah termodifikasi. Banyak sekali jenis karbon nanomaterial berfluoresensi yang telah berhasil disintesis, seperti C-Dots, CNTs, *grafena oksida* (GO), *grafena quantum dots* (GQDs), *polimer dots* (PDs), *nanodiamond*, dan sebagainya.

C-Dots merupakan keluarga baru dari *carbon nanomaterial* yang berukuran di bawah 10 nm dan memiliki sifat yang tidak mudah larut dalam air, tidak beracun dan keberadaannya di alam sangat melimpah (Li *et al*., 2012). C-Dots memiliki sifat fotoluminesensi ketika diradiasi dengan menggunakan sinar UV seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Fotoluminesensi merupakan fenomena penyerapan energi cahaya dan mengemisikan cahaya pada daerah tampak. Saat energi cahaya dari luar diberikan pada material cukup besar, maka foton akan terserap dan elektron mengalami eksitasi yang tidak stabil tersebut akan menyebabkan elektron kembali pada keadaan dasarnya dengan memancarkan cahaya (Lee *et al*., 2013).



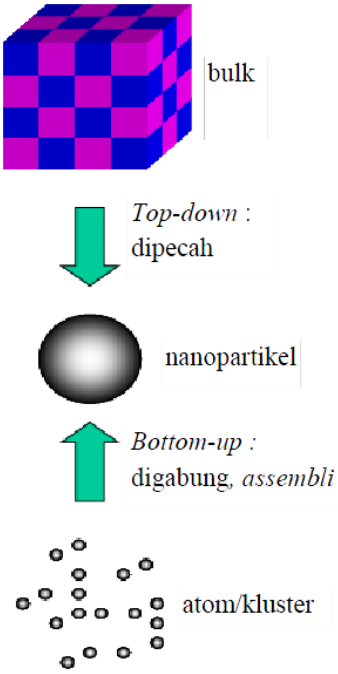
Gambar 2.5 C-Dots yang dihasilkan dari proses degradasi protein (Liu *et al*., 2016)

C-Dots memiliki potensi aplikasi yang sangat luas seperti *sensor*, *chemosensor, ink*, optoelektronik, fotokatalis dan *bioimaging* (Li *et al*., 2012; Liu *et al.*, 2016). Perkembangan material C-Dots masih menjadi kajian yang sangat intensif bagi peneliti hingga saat ini. Sumber utama dalam pembuatan C-Dots adalah adanya ikatan rantai karbon. Sintesis C-Dots telah banyak dilakukan oleh peneliti, misalnya C-Dots dari susu, bawang putih, dan kulit buah jeruk (Wang *et al*., 2016; Liu *et al*., 2016; Prasanan *et al*., 2013).

C-Dots pertama kali diperoleh selama pemurnian CNTs melalui proses elektroforensis pada tahun 2004. C-dots memiliki berbagai keunggulan sifat seperti pancaran fotoluminesensi yang tinggi, tidak mudah larut dalam air, tidak beracun serta keberadaannya yang sangat melimpah di alam (Li *et al*, 2012). Di samping itu, bahan dasar pembuatan material ini sangat melimpah dan murah. Sekarang C-Dots telah menarik perhatian para peneliti secara luas disebabkan kuatnya perpendaran (fluoresensi) yang dimiliki. Berdasarkan keunggulan sifatnya, kajian intensif mengenai C-Dots terus berkembang sangat cepat hingga saat ini. Ikatan rantai karbon sebagai sumber utama dalam pembuatan karbon dot menjadi fokus

penelitian dalam beberapa tahun belakangan ini. Berbagai kemajuan yang telah dicapai mengenai kajian yang meliputi sintesis, sifat, dan aplikasi C-Dots telah dipaparkan oleh para peneliti. Baker *et al* (2010) menyebutkan C-Dots berpotensi sebagai bahan dasar fotokatalis, konversi energi, maupun optoelektronika.

Pembentukan nanopartikel melalui metode *bottom-up* dan metode *top-down* (Domenech *et al.*, 2012) seperti pada Gambar 2.6. Sintesis nanopartikel dengan cara memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer disebut metode *top-down*. Beberapa metode *top-down* diantaranya adalah metode oksidasi elektrokimia, metode *arc-discharge* dan teknik *laser ablation*. Sedangkan metode *bottom-up* menggunakan atom-atom atau molekul-molekul yang membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki. Metode *bottom-up* merupakan metode yang efisien untuk menghasilkan C-Dots dalam skala besar. Untuk contoh, molekul-molekul kecil seperti glukosa dan fruktosa dipersiapkan untuk sintesis C-Dots dengan menggunakan energi eksternal seperti hidrotermal, *combustion* (pembakaran), *microwave,* ultrasonik, dan lain-lain.

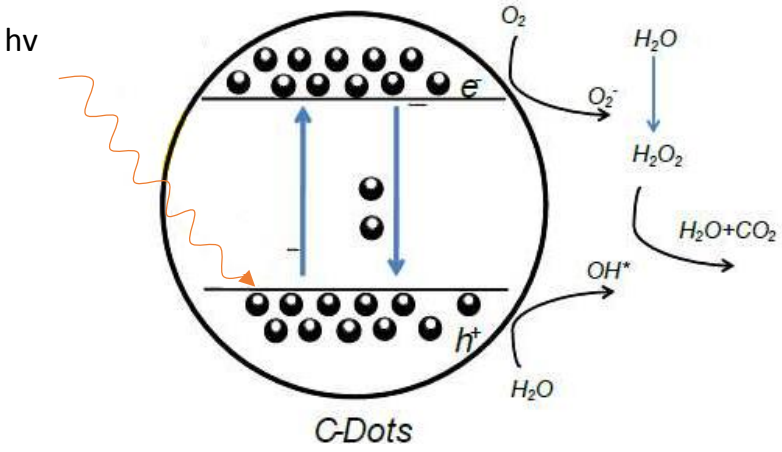


Gambar 2.6 Skema pembentukan struktur nanopartikel (Abdullah *et al.*, 2008)

2.4 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis. Cahaya berperan sebagai sumber energi dan katalis berperan untuk mempercepat reaksi. Reaksi fotokatalis melibatkan pasangan elektron dan *hole* (e^- dan h^+). Teknologi fotokatalisis merupakan kombinasi dari proses fotokimia dan katalis yang terintegrasi untuk dapat melangsungkan suatu reaksi transformasi kimia. Reaksi transformasi tersebut berlangsung pada permukaan bahan katalis yang terinduksi secara langsung oleh cahaya ultraviolet. Suatu bahan dapat dijadikan fotokatalis jika memiliki daerah energi kosong yang disebut celah pita energi *(energi bandgap).* Metode fotokatalis dapat dilakukan dengan menggunakan bahan semikonduktor.

Fotokatalis jika disinari dengan panjang gelombang antara 100-400 nm elektron akan teraktivasi dari pita valensi menuju pita konduksi. Oleh karena itu, menyebabkan terbentuknya *hole* (muatan positif) pada pita valensi (h^+_{vb}) dan elektron pada pita konduksi (e^+_{cb}). Jika katalis semikonduktor dikenai sinar dengan energi yang lebih besar, maka elektron (e^-) pada pita valensi bereksitasi menuju pita konduksi dan akan meninggalkan *hole* (h^+) pada pita valensi. Hole (h^+) akan berinteraksi dengan H_2O dan OH^- yang berada pada permukaan katalis membentuk radikal hidroksil (·OH) yang bersifat sebagai oksidator kuat. Elektron (e^-) akan bereaksi dengan O_2 yang berada pada katalis membentuk radikal superoksida ($\cdot O^{2-}$) yang bersifat sebagai reduktor. Oksidator dan reduktor tersebut menyerang zat warna *methylene blue* sehingga menghasilkan CO_2 dan H_2O serta beberapa asam dengan konsentrasi yang rendah (Batista *et al*., 2010). Sebagian besar pasangan elektron dan *hole* ini akan berekombinasi kembali, baik di permukaan ataupun di dalam bulk partikel. Sedangkan sebagian lain dari pasangan elektron dan *hole* dapat bertahan sampai pada permukaan material fotokatalis, yang pada akhirnya *hole* dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan di lain pihak elektron akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan material fotokatalis. Pada prinsipnya, reaksi oksidasi pada permukaan material fotokatalis dapat berlangsung melalui donasi elektron dari substrat ke *hole*. Reaksi fotokatalis yang terjadi seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Skema reaksi yang terjadi pada proses fotokatalis (Aji *et al*., 2016)

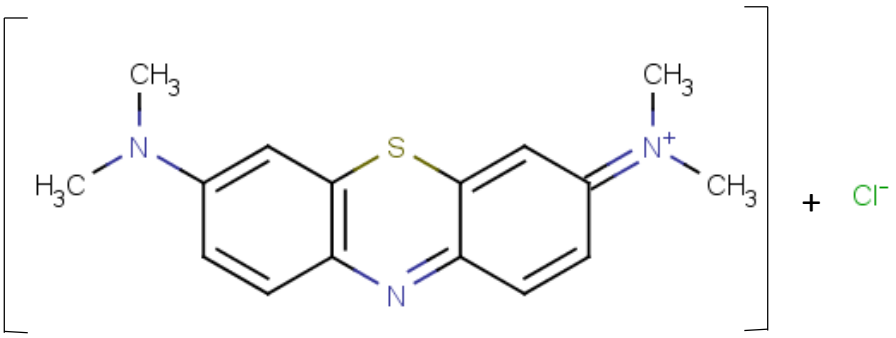
Pada Gambar 2.7 menjelaskan bila elektron (e^-) pada permukaan semikonduktor dikenai cahaya (foton) sebesar *h*v dengan *h* adalah konstanta Planck (6,63 x 10^{-34} Js) dan v adalah frekuensi, maka e^- pada pita valensi akan mengabsorpsi energi foton tersebut dan pindah ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu pita konduksi, akibatnya akan meninggalkan lubang positif atau h^+ pada pita valensi. Sebagian besar elektron dan lubang berkombinasi kembali di dalam daerah semikonduktor dengan mengemisi kalor, sedangkan sebagian lagi bertahan pada permukaan semikonduktor. Saat mengoksidasi air pada permukaan partikel, maka akan dihasilkan radikal hidroksil yang merupakan pengoksidasi kuat dan memiliki potensial redoks sebesar 2,8 Volt. Potensial sebesar ini cukup kuat untuk mengoksidasi sebagian besar zat organik menjadi air, asam mineral dan karbon dioksida (Arutanti *et al*, 2009).

Kelebihan dari metode fotokatalis ini adalah tidak diperlukan suplai energi sama sekali selama proses penjernihan air karena energi hanya berasal dari sinar

matahari (Abdullah *et al.*, 2009). Katalis semikonduktor yang sering digunakan adalah TiO_2, Zink Oksida (ZnO) dan Besi (III) oksida (Fe_2O_3). TiO_2 adalah katalis semikonduktor yang paling efektif karena mempunyai energi gap relatif besar (3,2 eV) yang cocok digunakan untuk fotokatalis, tidak beracun, harganya terjangkau dan melimpah di alam (Joshi dan Shirivastva, 2010).

Penelitian fotokatalisis oleh TiO_2 berkembang pesat sejak publikasi Fujisima & Honda mengenai fotoelektro katalisis pemecahan air pada elektroda lapisan tipis TiO_2. Dari sisi aplikasi telah dirancang berbagai bentuk reaktor fotokatalisis untuk degradasi zat organik dalam fase cair maupun gas. Aktivitas TiO_2 murni dalam mendegradasi zat warna (*methylene blue*) dengan sinar matahari sebagai sumber foton. Penurunan konsentrasi metilen biru mencapai 98% dalam waktu ekspos 1 jam. Kemampuan fotodegradasi oleh TiO_2 menghasilkan mineralisasi senyawa menjadi karbon dioksida (CO_2), sulfat (SO_4^{2-}), amoniak (NH^{4+}) dan nitrat (NO^{3-}). Namun fotokatalisis TiO_2 kurang maksimal jika digunakan dalam keadaan murni karena mempunyai luas permukaan yang relatif rendah. Dengan demikian maka TiO_2 perlu diembankan pada suatu adsorban. Secara kajian diatas, C-Dots juga memiliki kemampuan fotokatalis dan mudah didapatkan. Apabila kedua bahan tersebut diimobilisasi maka kemungkinan keefektifan dalam ukuran waktu lebih cepat.

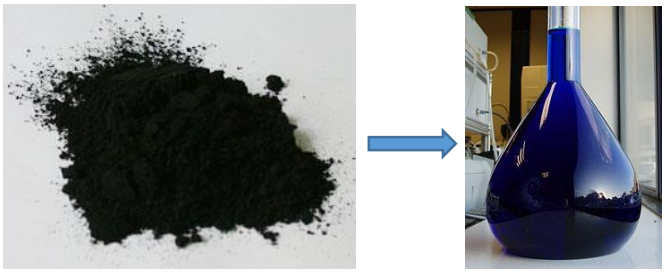
2.5 Methylene Blue



Gambar 2.8 Struktur Kimia *Methylene Blue* (Hajian *et al*., 2009)

Methylene blue yang memiliki rumus kimia $C_{16}H_{18}N_3SCl$ merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. *Methylene blue* pertama kali dibuat pada tahun 1876 oleh kimiawan Jerman Heinrich Caro. Senyawa ini berupa kristal berwarna hijau gelap. Pada suhu ruang senyawa ini berbentuk padatan dan tidak berbau. Ketika dilarutkan dalam air atau alkohol akan menghasilkan larutan berwarna biru. Bentuk hidratnya mengandung 3 molekul air per molekul metilen biru. Memiliki berat molekul 319,86 g/mol, dengan titik lebur pada 105°C dan daya larut sebesar 4,36 x 104 mg/L**.**

Konsentrasi zat warna diketahui dapat mempengaruhi aktivitas fotodegradasi. Semakin tinggi konsentrasi zat warna diketahui akan dapat menurunkan aktivitas fotokatalis. Hal tersebut telah dibuktikan pada penelitian (Nikazar *et al*., 2007). Serbuk *methylene blue* berwarna hijau tua menjadi berwarna biru tua saat dilarutkan dalam air seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Pelarutan Serbuk *Methylene Blue*

Methylene blue sering digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik. Selain itu, senyawa ini banyak digunakan dalam bidang biologi dan kimia. Industri tekstil yang berkembang saat ini menimbulkan dampak negatif berupa limbah cair dari proses pewarnaan. Salah satu pewarna yang menjadi limbah adalah *methylene blue*. Upaya yang umum digunakan untuk pengurangan limbah pewarna *methylene blue* adalah dengan metode adsorpsi karena adsorbennya mudah dipisahkan setelah digunakan.

Methylene blue adalah kationik pewarna yang kuat dengan penyerapan maksimum cahaya sekitar 670 nm. Spektrum absorbansi *methylene blue* berada pada puncak 1,7 diamati menggunakan cahaya dengan panjang gelombang 668 nm (Whang *et al*., 2009). Spesifik penyerapan tergantung pada sejumlah faktor, termasuk protonasi, adsorpsi dengan bahan lain, konsentrasi dan interaksi lainnya. Oleh karena itu, *methylene blue* banyak digunakan sebagai indikator redoks dalam analiasa kimia. Zat ini berwarna biru ketika di lingkungan pengoksidasi, tetapi akan berubah berwarna jika terkena zat pereduksi. Inilah yang mendasari pemilihan larutan *methylene blue* sebagai bahan uji fotokatalis karena sifat redoks dan absorbansinya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan mengenai dispersi TiO_2 dengan Carbon Dots dari minyak jelantah sebagai bahan fotokatalis untuk dekomposisi limbah pewarna cair yang ditinjau dari kemampuan dispersi TiO_2 mampu mengapung diatas air dan hasil uji fotokatalis. Larutan uji *methylene blue* 40 ppm yang telah mengalami proses fotokatalis terjadi degradasi warna dari warna biru pekat hingga larutan tersebut tidak berwarna (jernih) pada lama penyinaran 24 jam. Hal ini menunjukkan bahwa dispersi TiO_2 dengan Carbon Dots dari minyak jelantah efektif digunakan sebagai bahan fotokatalis. Perubahan warna *methylene blue* yang menjadi tidak berwarna juga mempresentasikan bahwa partikel *methylene blue* terdegradasi dengan baik. Bahan fotokatalis TiO_2/C-Dots setelah dilakukan dispersi, struktur gugus fungsi pada minyak jelantah tidak mengalami perubahan sehingga menyimpulkan bahwa hanya terjadi penggabungan dua material katalis dan tidak ada reaksi yang membuat gugus fungsi baru.

5.2 Saran

Mengacu pada hasil pembahasan diatas, penelitian ini masih harus disempurnakan. Oleh karena itu, ada beberapa saran untuk penelitian ini yaitu pada penelitian selanjutnya disarankan agar mencoba menerapkan pada limbah yang mengambil dari pabrik agar lebih akurat proses hasil fotokatalis untuk digunakan sebagai aplikator jangka besar.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah M., Virgus, Y., Nirmin, & Khairurrijal. (2008). Review : Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi* 1(2):33-57 ISSN 1979-0880

Aji, M. P., Wiguna P. A., Karunawan, J., Wati, A.L., & Sulhadi. (2016). Removal of Heavy Metal Nickel-Ions from Wastewaters Using Carbon Nanodots from Frying Oil. *Engineering Physics International Conference*. 170, 36 – 40.

Aji, M. P., Wiguna, P. A., Susanto, Rosita, N., Suciningtyas, S. A., & Sulhadi. 2016. Performance of Photocatalyst based Carbon Nanodots from Waste Frying Oil in Water Purification. *AIP Conference Proceedings* 1725, 020001.

Aji, M. P., Wiguna, P. A.,Susanto, Wicaksono, R., & Sulhadi. (2015). Identification of Carbon Dots in Waste Cooking Oil. *Advanced Materials Research*, 1123, 402-405.

Aji, M. P., Wiguna, P.A., Suciningtyas, S.A., Susanto, Rosita, N., & Sulhadi. (2016). Carbon Nanodots from Frying Oil as Catalyst for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Assisted Solar Light Irradiation, *American Journal of Applied Sciences*, 13 (4), 432-438.

Aliah, H., Aji, M. P., Masturi, Sustini, E., Budiman, M., & Abdullah, M. (2012). TiO2 Nanoparticles-Coated Polypropylene Copolymer as Photocatalyst on Methylene Blue Photodegradation under Solar Exposure. *American Journal of Environmental Sciences 8 (3)* : 280-290.

Arutanti, O., Abdullah, M., Khairurrijal, & Mahfudz, H. (2009). Penjernihan Air Dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO). *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 53-55.

Baccour, H., Medhioub, M., Jamoussi, F., & Mhiri, T. (2009). Influence of firing temperature on the ceramic properties of Triassic clays from Tunisia. *Journal Material Processing Technology*, 209, 2812-2817.

Baker, S. N., & Baker, G. A. (2010). Luminescent Carbon Nanodots: Emergent Nanolights. *Angewandte Chemie International Edition, 49*(38), 6726-6744.

Carp, O., Huisman, C.L., Reller, A. (2004). Photoinduced Reactivity of Titanium Dioxide. Progress in Solid State Chemistry, 32, 33-177.

Chhetri, Arjun B.,Watts, K.C., Islam, M.R. (2008). Waste Cooking Oli as an Alternate Feedstock for Biodiesel Production. *Enegies, I*, 3-8.

Diebold, Ulrike. (2003). The Surface Science of Titanium Dioxide. *Surface Science Report*, 48, 3-229.

Domènech, B., Arrieta, J.B., Alonso, A., Muñoz, M., Muraviev, D.N. & Jorge Macanás. (2012). Bifunctional Polymer-metal Nanocomposite Ion Exchange Materials. *ISBN* 978-953-51-0836-8.

Edwar, Z. Uyutihe, H., Yurizel, E., Sulatri, D. (2011). Pengaruh Pemanasan terhadap Kejenuhan Asam Lemak Minyak Goreng Sawit dan Minyak Goreng Jangung. *J. Indon Med Assoc*, 61, 284-52.

Fujishima, A., Hashimoto, K., dan Watanabe, T. (1999). TiO_2, Photocatalysis Fundamental and Aplications, *BKC, Inc*., Tokyo.

Hajian, R., Shams, N., Mohagheghian, M. (2009). Study on the Interaction between Doxorubicin and Deoxyribonucleic Acid with the Use of Methylene Bue as a Probe. *J. Braz.Chem.Soc.*, 20, 8, 1399-1405

Hamdi, N., Srasra, E. (2008).Filtration Properties of Two Tunisia Cuspensions : Effect of The Nature of Clay. *Dasalination*, 220, 194-199.

Isnaeni, V. A., O. Arutanti, E. Sustini, H. Aliah, Khairurrijal, M. Abdullah. (2013). A Novel System for Producing Photocatalytic Titanium Dioxide- Coated Fibers for Decomposing Organic Pollutants in Water. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 32 (1), 42-51.

Jafari, T., Moharreri, E., Amin,A.S., Miao, R., Song, W., Suib, M.L. (2016). Photocatalytic Water Splitting- The Unmated Dream : A Review of Recent Advances. *Molecules*, 21, 900.

Joshi, K. M., Shirivastva, V. S. (2010). Removal of Hazardious Textile dyes From Aqueous Solution by Using Commercial Activated Carbon With TiO_2 and ZnO as Photocatalyst. *International Journal of Chem Tech Research*, (2), 427-435.

Ketaren, S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.

Lee, T., Othman, R., & Yeoh, F. Y. (2013). Development og photoluminescent glass derived from rice husk. *Biomass and bioenergy*, 59,380-392.

Lestari, Y. D., Wardhani, S., & Khunur, M. M. (2015). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO2-N/Zeolit dengan Sinar Matahari. *Kimia Student Journal, 1*, 592-598.

Li, H., Kang, Z., Liu, Y., & Lee, S.-T. (2012). Carbon nanodots: synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry, 22*(46), 2423024253.

Liao, C.H., C.W.Huang, & J.C.S. Wu,. (2012). Hydrogen Production from Semiconductor based Photocatalyst via Water Splitting. *Catalysis*. 2(1), 490-516.

Liu, X., Li, T., Hou, Y., Wu, Q., Yi, J., & Zhang, G. (2016). Microwave synthesis of carbon dots with multi-response using denatured proteins as carbon source. *RSC Adv*, 6(14), 11711-11718.

Masturi, Silvia, Aji, M. P., Sustini E., Khairurrijal, & M Abdullah. (2012). Permeability, Strength and Filtration Performance for Uncoated and Titania-coated Clay Wastewater Filters. *American Journal of Environmental Sciences* , 8 (2*)*, 79-94.

Narayan, M.R. (2011). Dye Sensitized Solar Cells Based on Natural Photosensitizers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. vol.16, issue 1, hal. 208-215

Noriko, N., Elfidasari, D., Perdana, A. T., Wulandari, N., & Wijayanti, W. (2012). Analisis Penggunaan dan Syarat Mutu Minyak Goreng pada Penjaja Makanan di Food Court UAI. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi, Vol. 1, No.3*, 147-154.

Pandey, S.R., Jegatheesan, V., Baskaran, V., Shu, L. (2012) Fouling in Reverse Osmosis (RO) Membrane in Water Recovery from Secondary Effluent : A Review. *Rev Environ. Sci. Biotechnol*., 11, 125-145.

Park, H., Park, Y., Kim, W., Choi, W. (2013). Surface modification of TiO2 photocatalyst for environmetal applications. Journal of Photochemistry and Photobiology C : Photochemistry Reviews 15, 1-20.

Sahu, S., Behera, B., Maiti, T.K., & Mohapatra, S. (2012). Simple one-step synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: Application as excellent bio-imaging agents. *Chem.Commun*. 48, 8835–8837.

Silverstein, R.M. (1991). *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. New York: John Wiley & Sons.

Staszak, K., karas, Z., Jauorska, K. (2013). Comparison of Polymeric and Ceramic Membranes Performance in the Process of Micellar Enhaced Ultrafiltration of Cadmium (II) Ions from Aqueous Solutions. *Chemical Paper*, 67 (4), 380-388.

Sulhadi, Savitri, M.I., Said, M.A.N., Muklisin, I., Wicaksono, R., & Aji, M.P. (2014). Fabrication of Mesoporous Composite from Waste Glass and its Use as a Water Filter. *AIP Conference Proceedings.*, 1586, 139-142.

Sutisna, Wibowo, E., Rokhmat,M., Rahman, D.Y., Murniati, R., Khairurrijal, Abullah, M. (2017). Batik Waste Water Treatment Using TiO_2 nanoparticles Coated on the Surface of Plastics Sheet. *Procedia Engineering*, 170, 78-83.

Whang, T.J., Huang, H.Y., Hsieh, M.T., & Chen, J.J. (2009). Laser-Induced Silver Nanoparticles on Titanium Oxide for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue. *International Journal of Molecular Sciences, 10*, 4707-4718.

Zhang, H., Banfield, J.F. (2000). Understanding Polymorphic Phase Transformation Behavior during Growth of Nanocrystalline Aggregates: Insights from TiO_2**.** *J. Phys. Chem. B***,** vol *104, hal* 3481-3487

Zhou, L., He, B., & Huang, J,. (2013). Amphibious fluorescent carbon dots: one-step green synthesis and application for light-emitting polymer nanocomposites. *Chem. Commun*. 49, 8078-8080.

Zhu, C., Zhai, J., & Dong, S. (2012). Bifunctional fluorescent carbon nanodots: Green synthesis via soy milk and application as metal-free electrocatalysts for oxygen reduction, *Chem. Commun*. 48, 9367–9369.